

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра теоретической механики и сопротивления материалов

## СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

### ЗАДАНИЯ

для расчетно-графической работы №2  
по теоретической механике и сопротивлению материалов  
для студентов специальности 280101

Курган 2011

Кафедра: «Теоретическая механика и сопротивление материалов»

Дисциплина: «Теоретическая механика и сопротивление материалов»  
(специальность 280101)

Составили: канд. техн. наук, доцент Тютрин С.Г. (разделы 1 – 4,  
схемы 1 – 10, 21 – 25);  
д-р техн. наук, профессор Герасимов В.Я. (разделы 5, 6);  
канд. техн. наук, доцент Ревняков Е.Н. (схемы 11 – 20).

Составлены на основе переработанных заданий для расчетно-проектировочной работы по сопротивлению материалов на тему «Расчеты на прочность и жесткость при растяжении, сжатии и кручении» / В.А. Бубнов, С.Г. Тютрин. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 1999; переработанных заданий для расчетно-проектировочной работы по сопротивлению материалов на тему «Расчеты на прочность при изгибе» / Н.С. Емельянова, С.Г. Костенко. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 1999.

Утверждены на заседании кафедры « 19 » мая 2011 г.

Рекомендованы методическим советом университета

« 1 » июня 2011 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Расчетно-графическая работа №2 предназначена для усвоения студентами метода определения внутренних силовых факторов и построения эпюр, а также основ расчета на прочность при растяжении, сжатии, кручении и изгибе.

Задания содержат 25 вариантов. Номера вариантов назначаются преподавателем, ведущим практические занятия в группе. Исходные данные варьируются в зависимости от фамилии студента с помощью таблиц, что позволяет обеспечить необходимое разнообразие задач при одинаковой сложности и содержании.

Расчетно-графическая работа является важной частью самостоятельной работы студентов по усвоению курса и должна быть выполнена и защищена в установленный срок.

### 1. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Каждый вариант задания содержит 3 задачи. Каждой задаче соответствует расчетная схема и таблица исходных данных.

Задача 1 (схема 1, табл. 1). Выполнить проверочный расчет на прочность и построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений стержня.

Задача 2 (схема 2, табл. 2). Выполнить проектировочный расчет на прочность стержня круглого поперечного сечения (определить диаметр стержня). Допускаемое касательное напряжение материала стержня  $[\tau]=95$  МПа;  $\ell=0,5$  м;  $M=50$  кН·м.

Задача 3 (схема 3, табл. 3). Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов; выполнить проектировочный расчет на прочность при изгибе для четырех типов сечений балки, если материал балки – сталь с допускаемым напряжением  $[\sigma]=160$  МПа. Сравнить экономичность сечений по критерию

$$k_3 = \frac{W_{HO}}{\sqrt{F^3}},$$

где  $W_{HO}$  – момент сопротивления сечения относительно нейтральной оси;

$F$  – площадь сечения.

Сечения балки:

- а) сплошное круглое сечение (определить его диаметр);
- б) кольцевое сечение с соотношением внутреннего и наружного диаметров, равным  $d_o/d=0,8$  (определить эти диаметры);
- в) прямоугольное сечение с соотношением высоты к ширине  $h/b=1,5$  (определить эти размеры);
- г) двутавр или швеллер в соответствии с индивидуальными исходными данными (табл. 3). Сечение расположить рационально. С помощью ГОСТ или учебника [1] определить номер двутавра или швеллера (при необходимости можно применить несколько одинаковых двутавров или швеллеров).

Таблица 1

Исходные данные к задаче 1

Ал- фа- вит	$l_1$ , м	$l_2$ , м	$a_1$	$a_2$	$P_1$ кН	$P_2$ кН	$P_3$ кН	Площади поперечных сечений уча- стков, см <sup>2</sup>			Допускаемое напряжение $[\sigma]$ и модуль продоль- ной упругости $E$ материала, МПа
								$F_1$	$F_2$	$F_3$	
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
АКХ	0,25	0,75	0,1	0,9	2*	5	22	1	2	11	150 и $2 \cdot 10^5$ (сталь)
БЛЦ	0,3	0,7	0,2	0,8	4	10	20*	2	4	10	250 и $2 \cdot 10^5$ (сталь)
ВМЧ	0,35	0,65	0,3	0,7	6*	15	18	3	6	9	335 и $1,2 \cdot 10^5$ (титан)
ГНШ	0,4	0,6	0,4	0,6	8	20	16*	4	8	8	80 и $7 \cdot 10^4$ (алюминий)
ДОЩ	0,45	0,55	0,5	0,5	10*	25	14	5	10	7	60 и $1 \cdot 10^5$ (латунь)
ЕПЪ	0,5	0,5	0,6	0,4	12	30	12*	6	12	6	150 и $2 \cdot 10^5$ (сталь)
ЁРЫ	0,55	0,45	0,7	0,3	14*	35	10	7	14	5	250 и $2 \cdot 10^5$ (сталь)
ЖСЬ	0,6	0,4	0,8	0,2	16	40*	8*	8	16	4	335 и $1,2 \cdot 10^5$ (титан)
ЗТЭ	0,65	0,35	0,9	0,1	18*	45*	6	9	18	3	80 и $7 \cdot 10^4$ (алюминий)
ИУЮ	0,7	0,3	0,1	0,5	20	50*	4*	10	20	2	60 и $1 \cdot 10^5$ (латунь)
ЙФЯ	0,75	0,25	0,9	0,5	22*	55*	2	11	22	1	150 и $2 \cdot 10^5$ (сталь)

Таблица 2

Исходные данные к задаче 2

Ал- фа- вит	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
АКХ	0,5	0,5*	3	3*	0,5	3	0,5	3
БЛЦ	1*	1	2,5*	2,5	1	2,5	1	2,5
ВМЧ	1,5	1,5*	2	2*	1,5	2	1,5	2
ГНШ	2*	2	1,5*	1,5	2	1,5	2	1,5
ДОЩ	2,5	2,5*	1	1*	2,5	1	2,5	1
ЕПЪ	3*	3	0,5*	0,5	3	0,5	3	0,5
ЁРЫ	2,5	2,5*	1	1*	0,5	3	0,5	3
ЖСЬ	2*	2	1,5*	1,5	1	2,5	1	2,5
ЗТЭ	1,5	1,5*	2	2*	1,5	2	1,5	2
ИУЮ	1*	1	2,5*	2,5	2	1,5	2	1,5
ЙФЯ	0,5	0,5*	3	3*	2,5	0,5	2,5	0,5

Примечание: Нагрузки, определяемые помеченными звездочкой величинами, должны иметь направление, противоположное указанному на схеме.

Таблица 3

Исходные данные к задаче 3

Ал-фа-вит	$P$ , кН	$l$ , м	$a_1$	$a_2$	$\vartheta_1$	$\vartheta_2$	$\vartheta_3$	Вид профиля
	1	2	3	4	5	6	7	8
АКХ	20	1,0	1	1*	0,5	3	0,5	двутавр
БЛЦ	25	1,2	2*	1	1	2,5	1	швеллер
ВМЧ	30	1,4	3	2*	1,5	2	1,5	двутавр
ГНШ	35	1,6	1*	2	2	1,5	2	швеллер
ДОЩ	40	1,8	2	3*	2,5	1	2,5	двутавр
ЕПЪ	45	2,0	3*	4	3	0,5	3	швеллер
ЁРЫ	50	1,8	1	3*	2,5	0,5	0,5	двутавр
ЖСЬ	55	1,6	2*	2	2	1	1	швеллер
ЗТЭ	60	1,4	3	2*	1,5	1,5	1,5	двутавр
ИУЮ	65	1,2	1*	1	1	2	2	швеллер
ЙФЯ	70	1,0	2	1*	0,5	2,5	2,5	двутавр

Примечание: Нагрузки, определяемые помеченными звездочкой величинами, должны иметь направление, противоположное указанному на схеме.

## 2. ПРАВИЛА ВЫБОРА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Исходные данные для решения задач должны быть взяты из табл. 1–3 по буквам фамилии студента: из первого столбца таблиц берут данные напротив первой буквы фамилии, из второго столбца – данные напротив второй буквы фамилии и т.д. Например, из седьмого столбца берут данные напротив седьмой буквы фамилии студента независимо от того, используются данные предыдущих столбцов или нет.

Если фамилия студента короткая, то для нахождения исходных данных следует ее повторить один или более раз.

Например, студент Образцов должен выписать из табл. 1 такие данные:

О	Б	Р	А	З	Ц	О	В	О	Б	Р	А	З	Ц	О	В
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

$\ell_1=0,45$  м;  $\ell_2=0,7$  м;  $a_1=0,7$ ;  $a_2=0,9$ ;  $P_1=18^*$  кН;  $P_2=10$  кН;  $P_3=14$  кН;  $F_1 = 3$  см<sup>2</sup>;  $F_2 = 10$  см<sup>2</sup>;  $F_3 = 10$  см<sup>2</sup>;  $[\sigma]=250$  МПа;  $E=2 \cdot 10^5$  МПа (сталь). При этом направление нагрузки  $P_1$  нужно будет изменить на противоположное.

### 3. ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа выполняется на листах писчей бумаги формата А4 (210x297 мм), скрепленных в виде альбома. Допускается использовать разлинованные в клетку тетрадные листы, обрезанные в размер 297 мм по длине.

На титульном листе работы должно быть указано наименование вуза и кафедры, тема (название) работы и ее номер, вариант задания, фамилия и инициалы студента и преподавателя, номер группы, год.

Решение каждой задачи следует начинать с новой страницы. В начале приводятся формулировка задачи и исходные данные. Изображается заданная схема, полностью соответствующая данному варианту (по указанию преподавателя).

Далее в обязательном порядке следует изобразить расчетную схему в масштабе с указанием истинных направлений нагрузок и числовых значений коэффициентов.

Решение сопровождается необходимыми иллюстрациями и пояснениями, выполненными разборчиво и аккуратно.

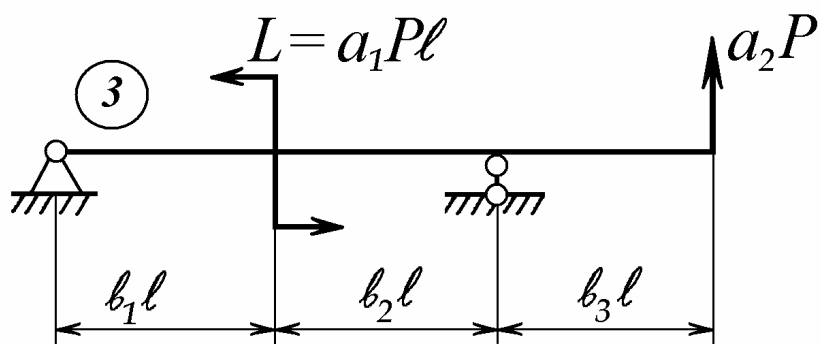
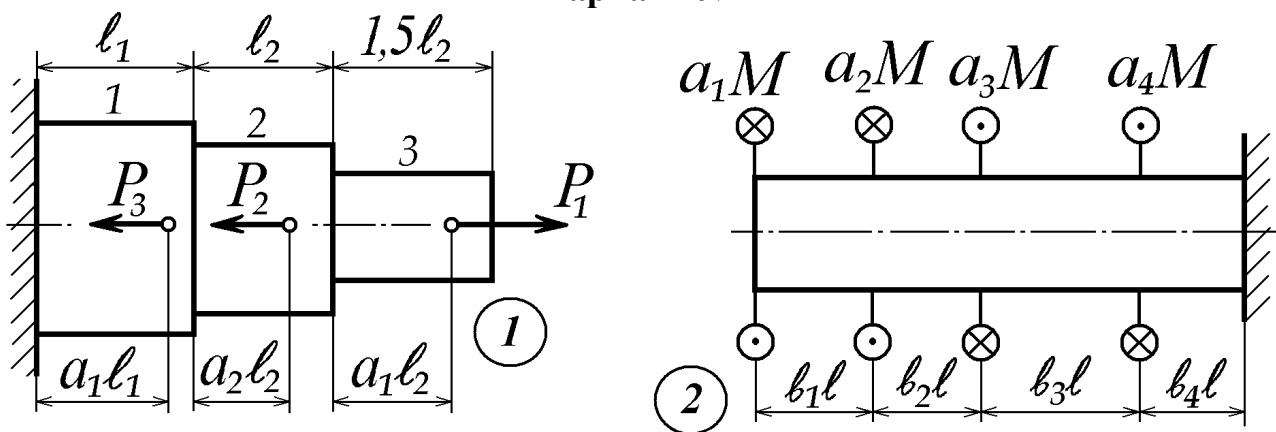
Работы, выполненные с ошибками или с нарушением вышеизложенных требований, возвращаются студенту для исправления.

После выполнения работа предъявляется преподавателю для защиты. Работа должна быть защищена не позднее срока, предусмотренного учебным планом.

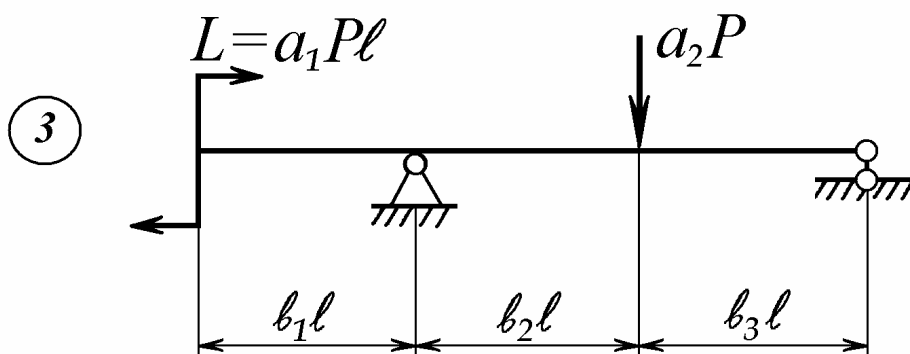
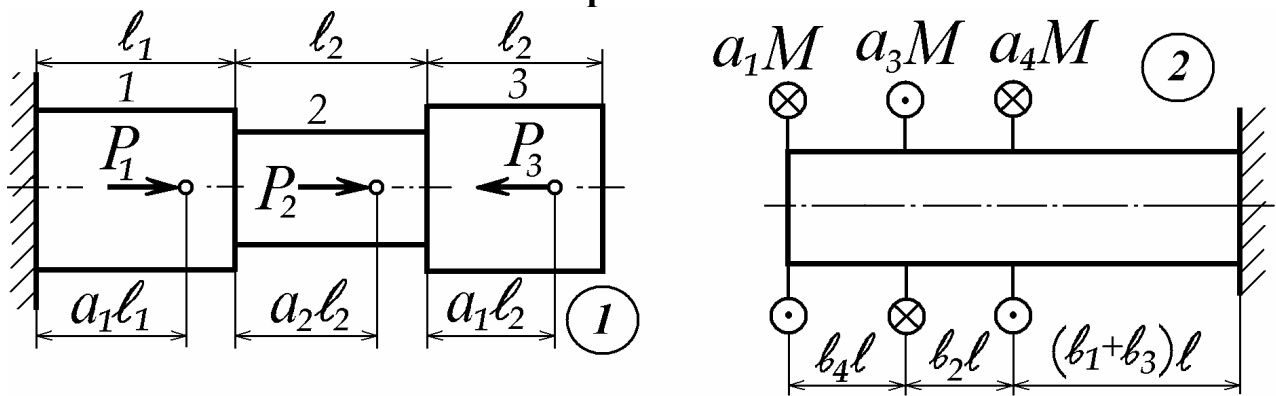
### 4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

1. Как называется метод построения эпюр внутренних силовых факторов?
2. Какие внутренние силовые факторы возникают при растяжении-сжатии, при кручении, при изгибе?
3. Поясните порядок построения эпюр  $N$ ,  $M_k$ ,  $Q$ ,  $M_u$ . Как получены величины, указанные на эпюрах?
4. С какой стороны от оси изображается эпюра изгибающих моментов?
5. Как выбирается начало отсчета для эпюры осевых перемещений?
6. Запишите условие прочности при растяжении-сжатии, при кручении, при изгибе. Поясните входящие в них величины.
7. Что называется допусковым напряжением? Как его можно вычислить?
8. Запишите закон Гука при растяжении-сжатии. Поясните входящие в них величины.
9. Что характеризует модуль продольной упругости (модуль Юнга)  $E$ ?

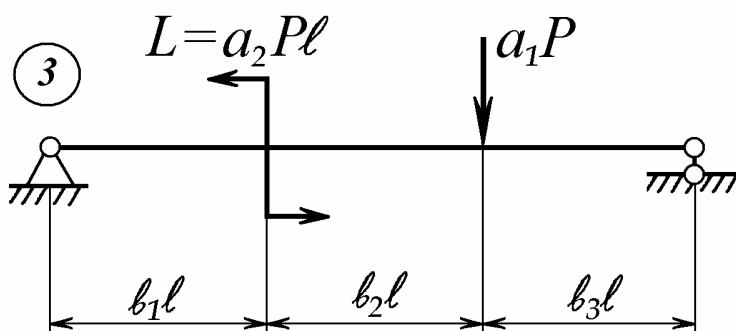
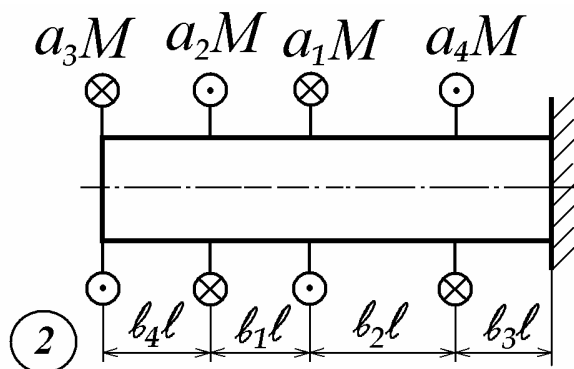
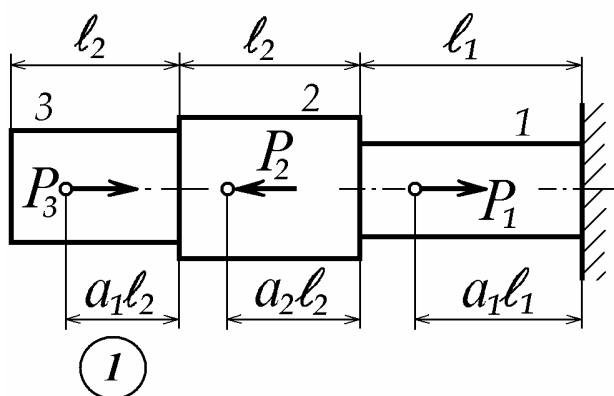
Вариант №1



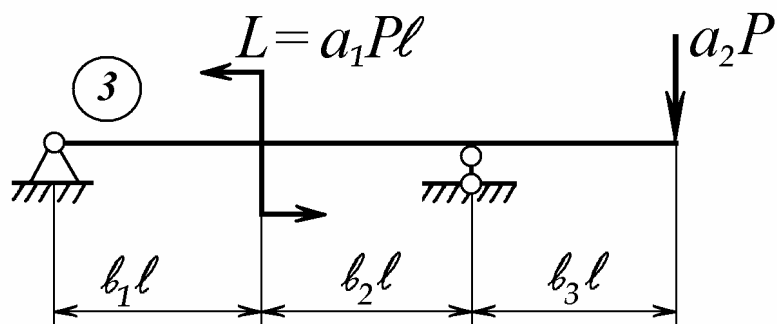
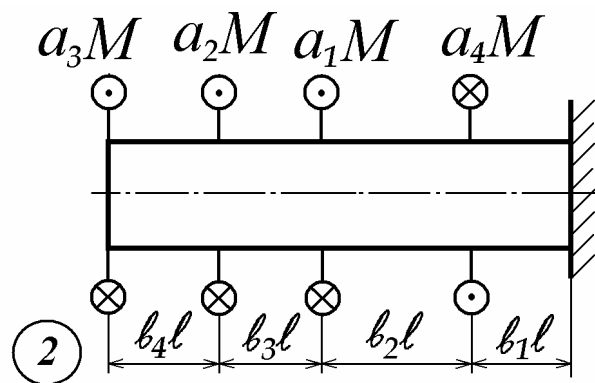
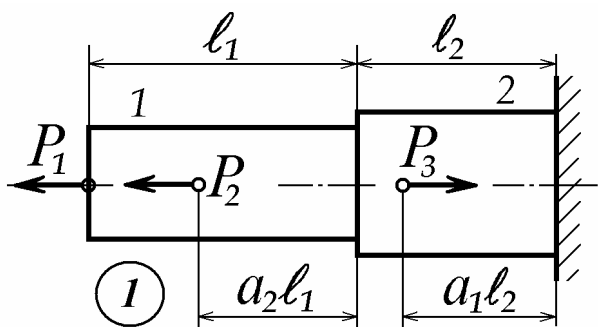
Вариант №2



Вариант №3

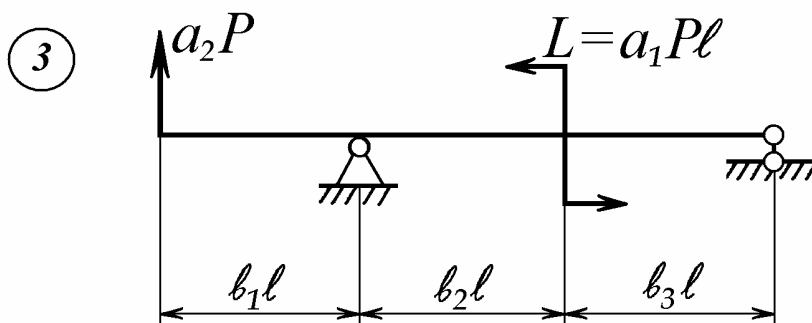
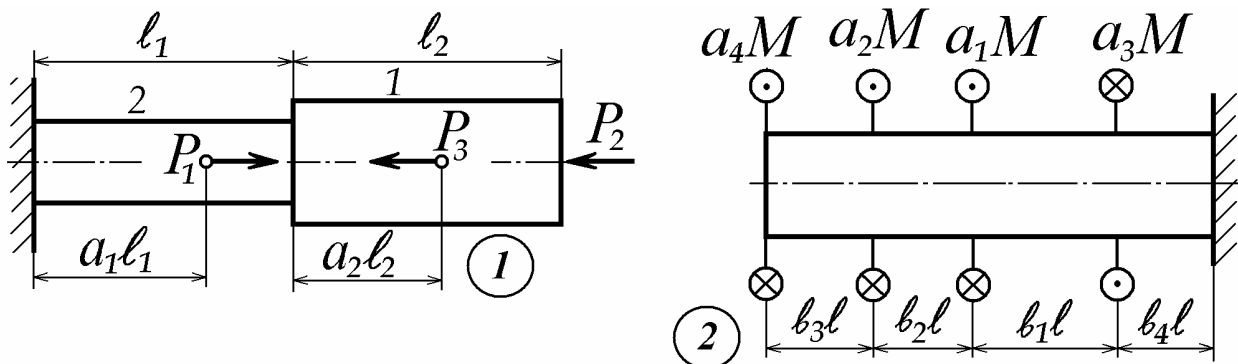


Вариант №4

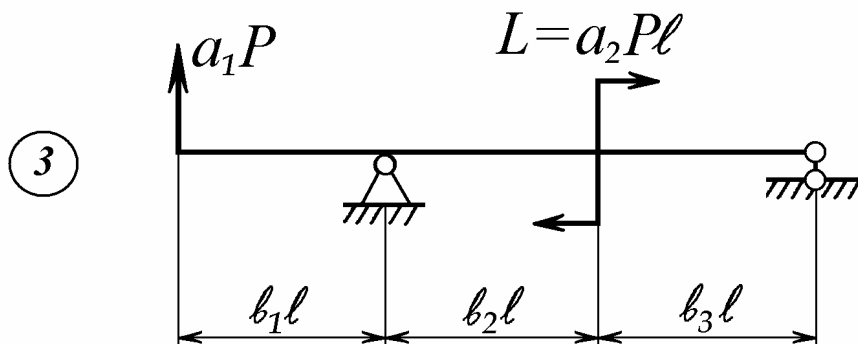
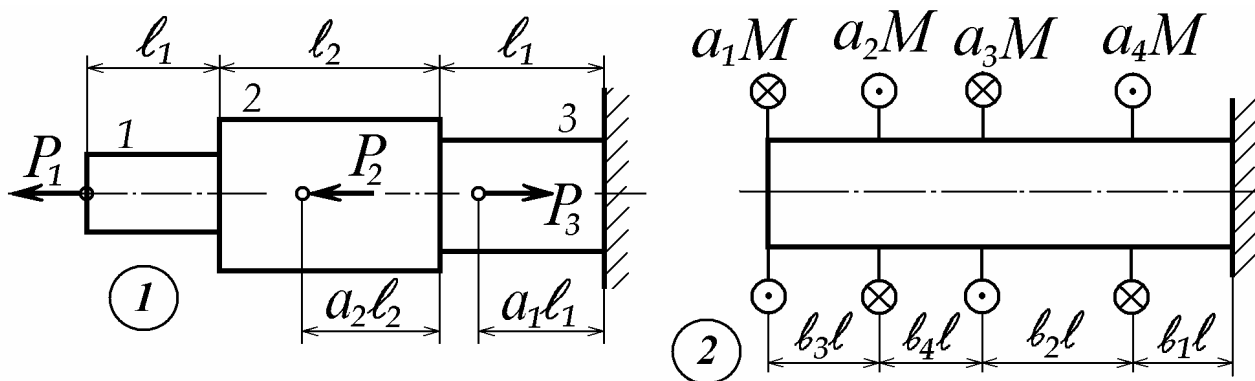




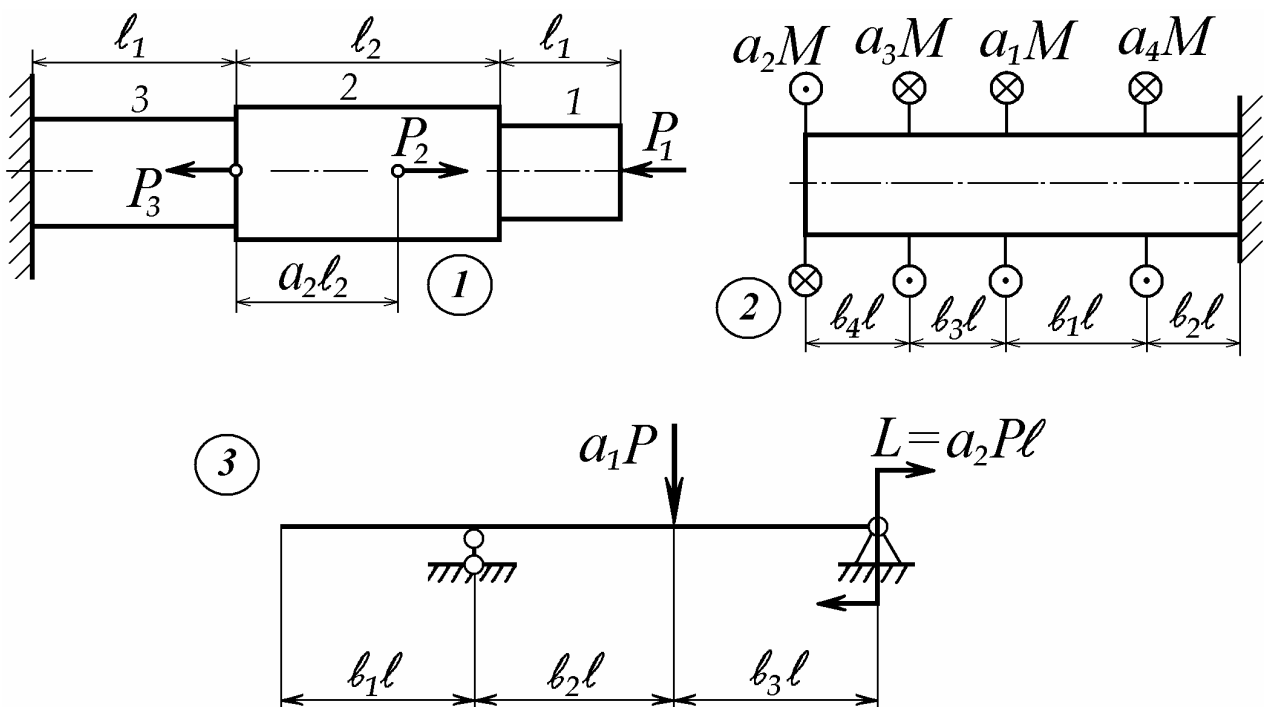
Вариант №5



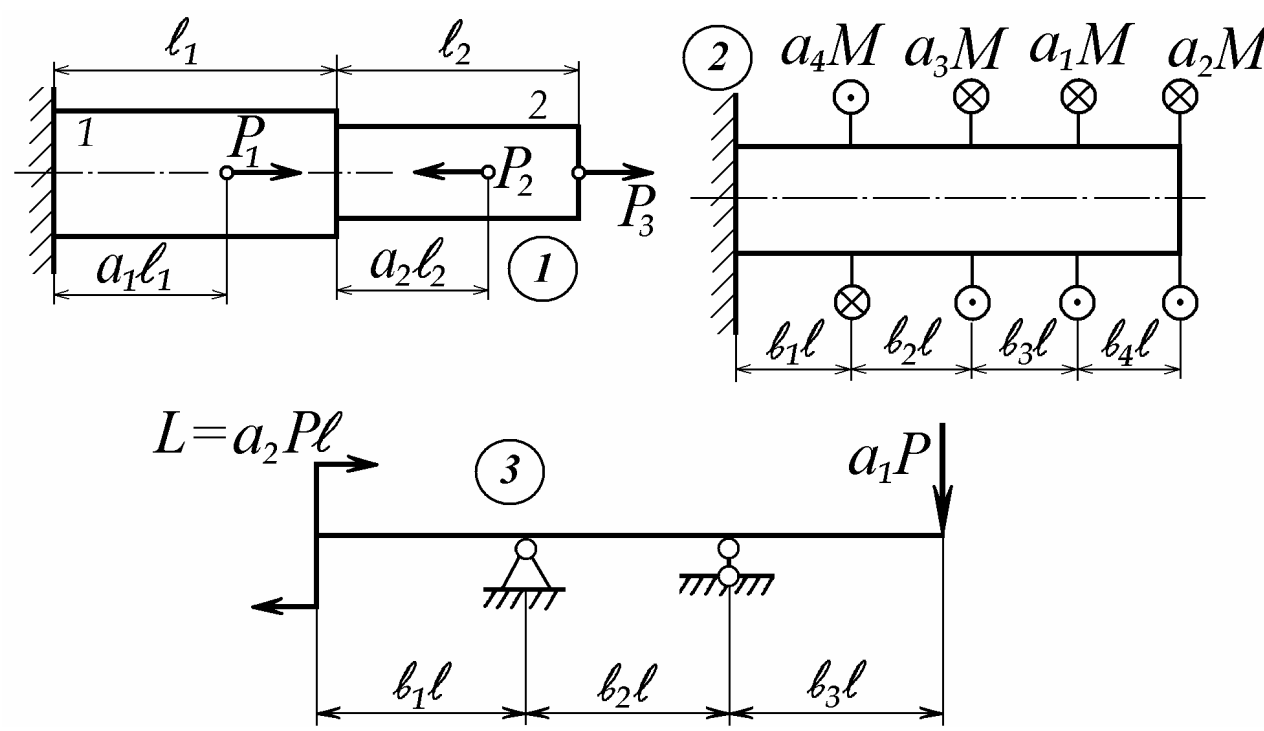
Вариант №6



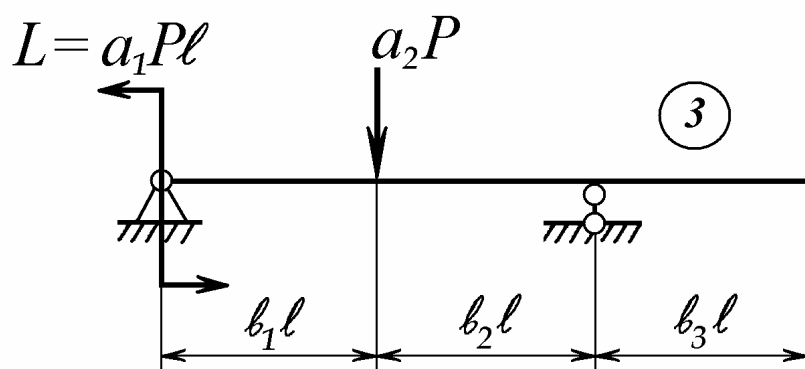
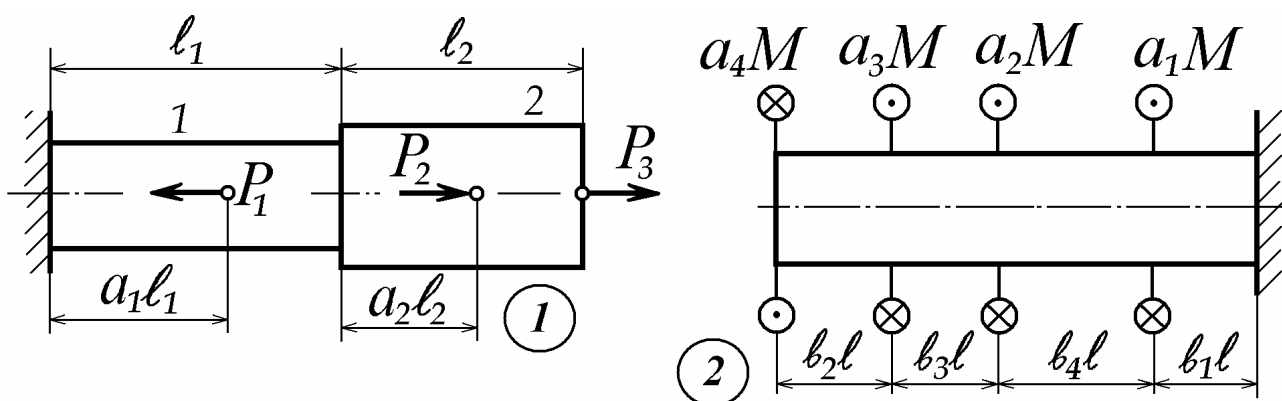
Вариант №7



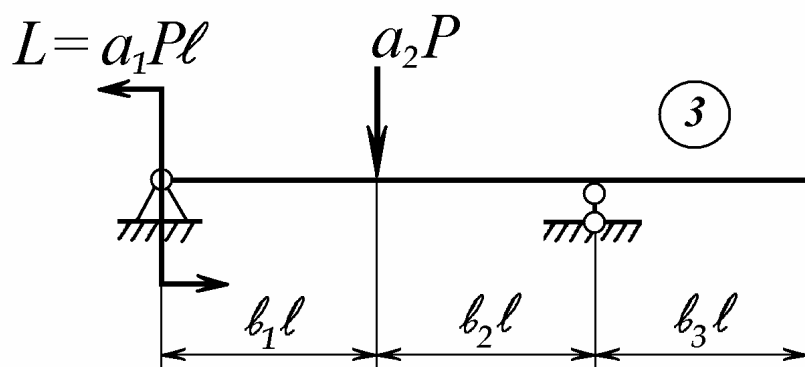
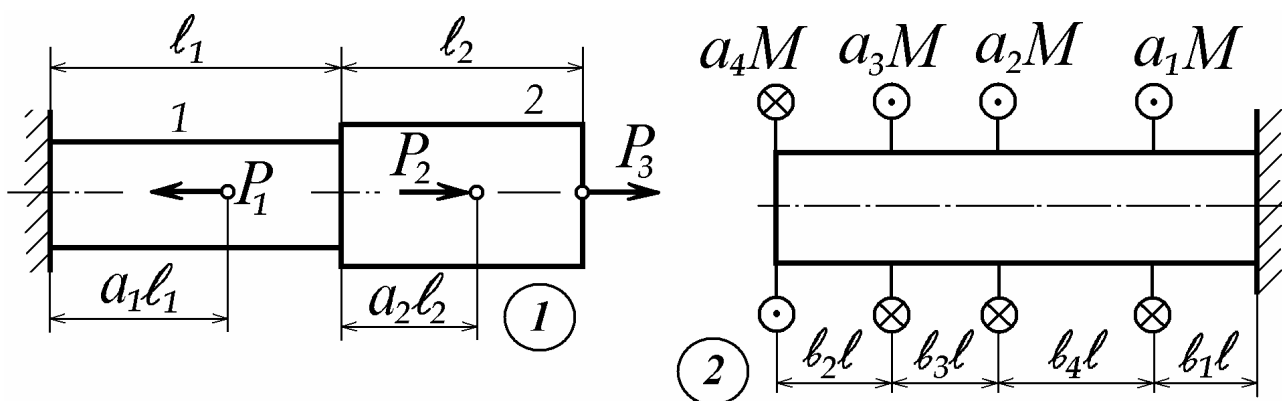
Вариант №8



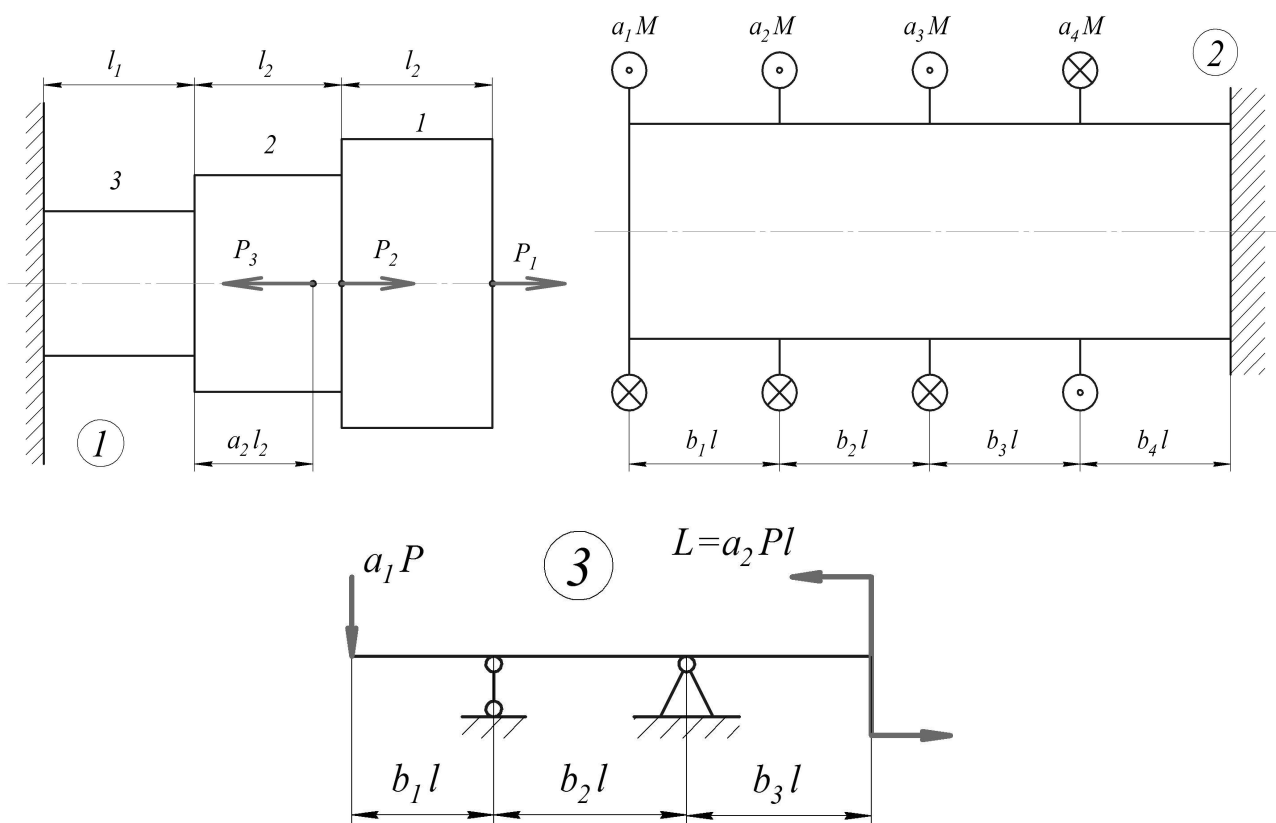
Вариант №9



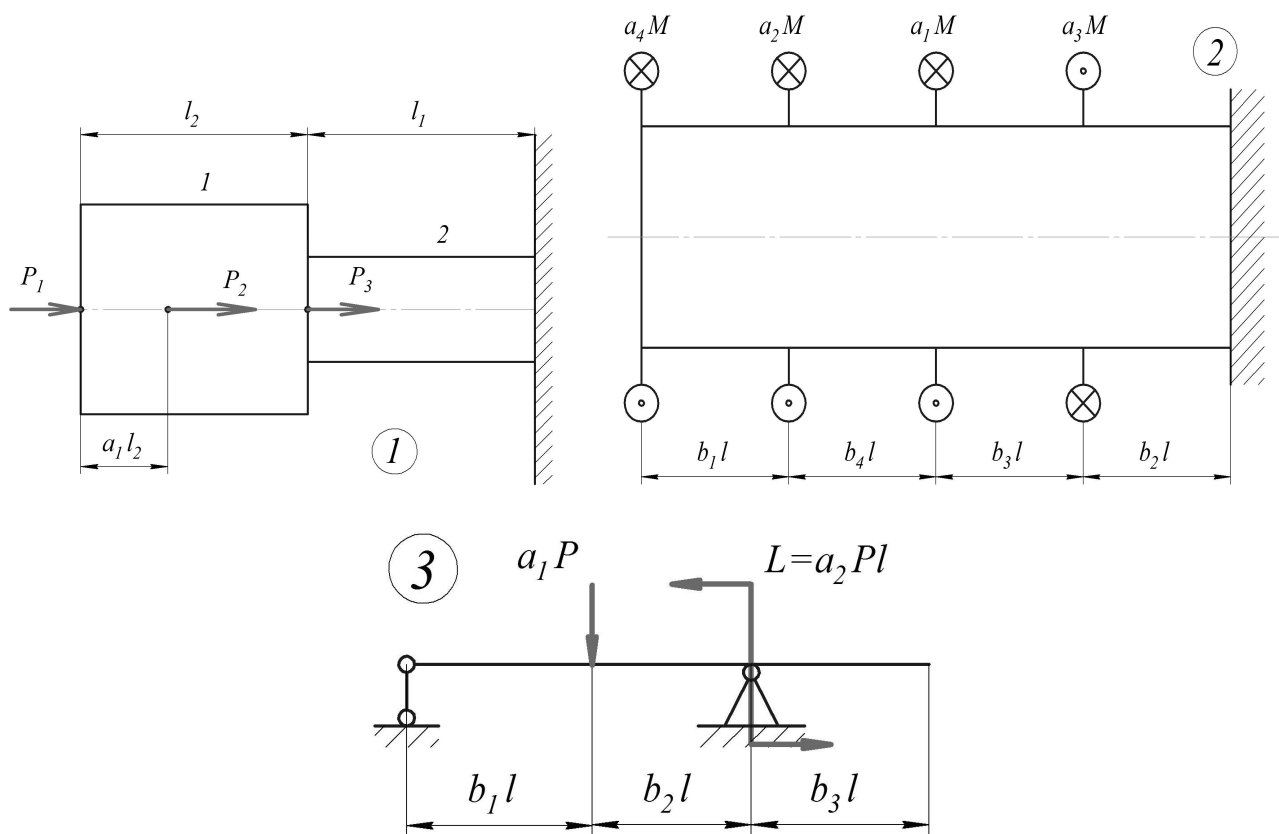
Вариант №10



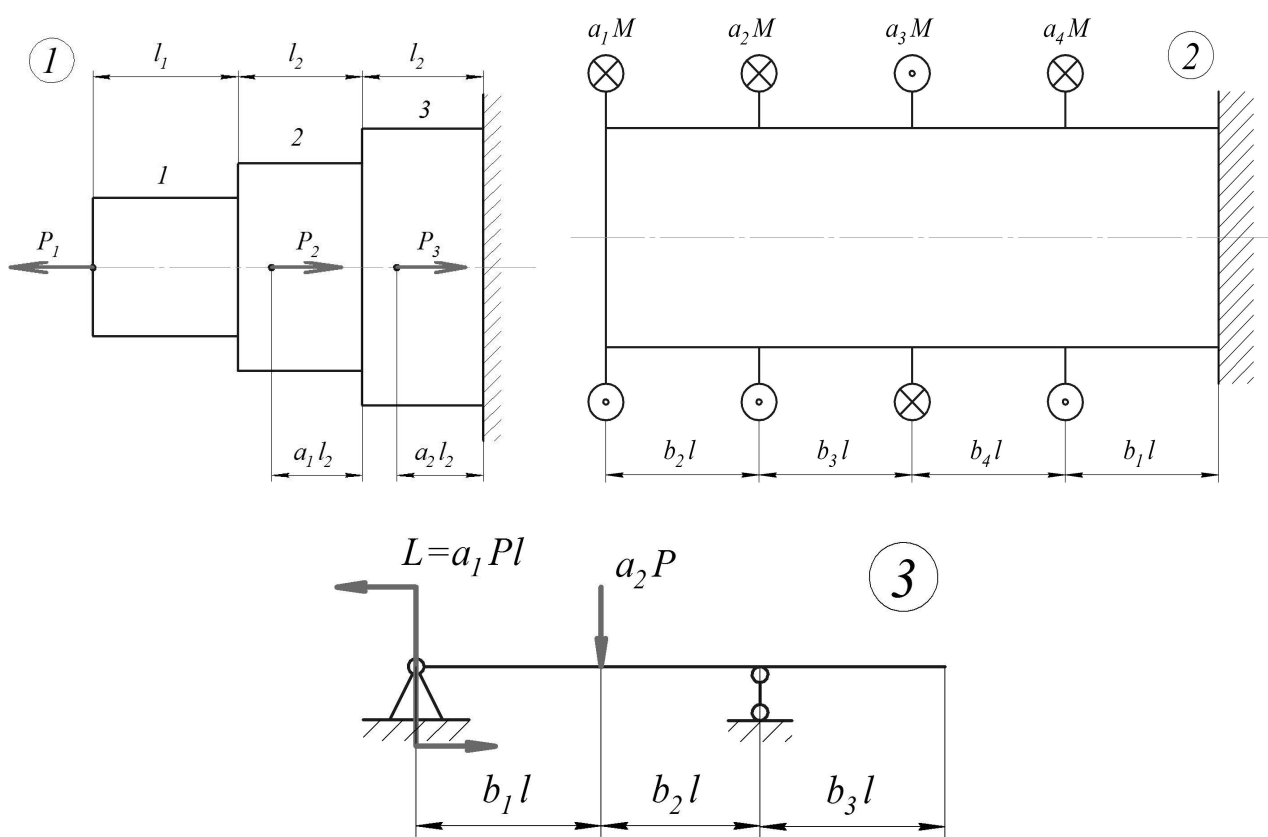
### Вариант №11



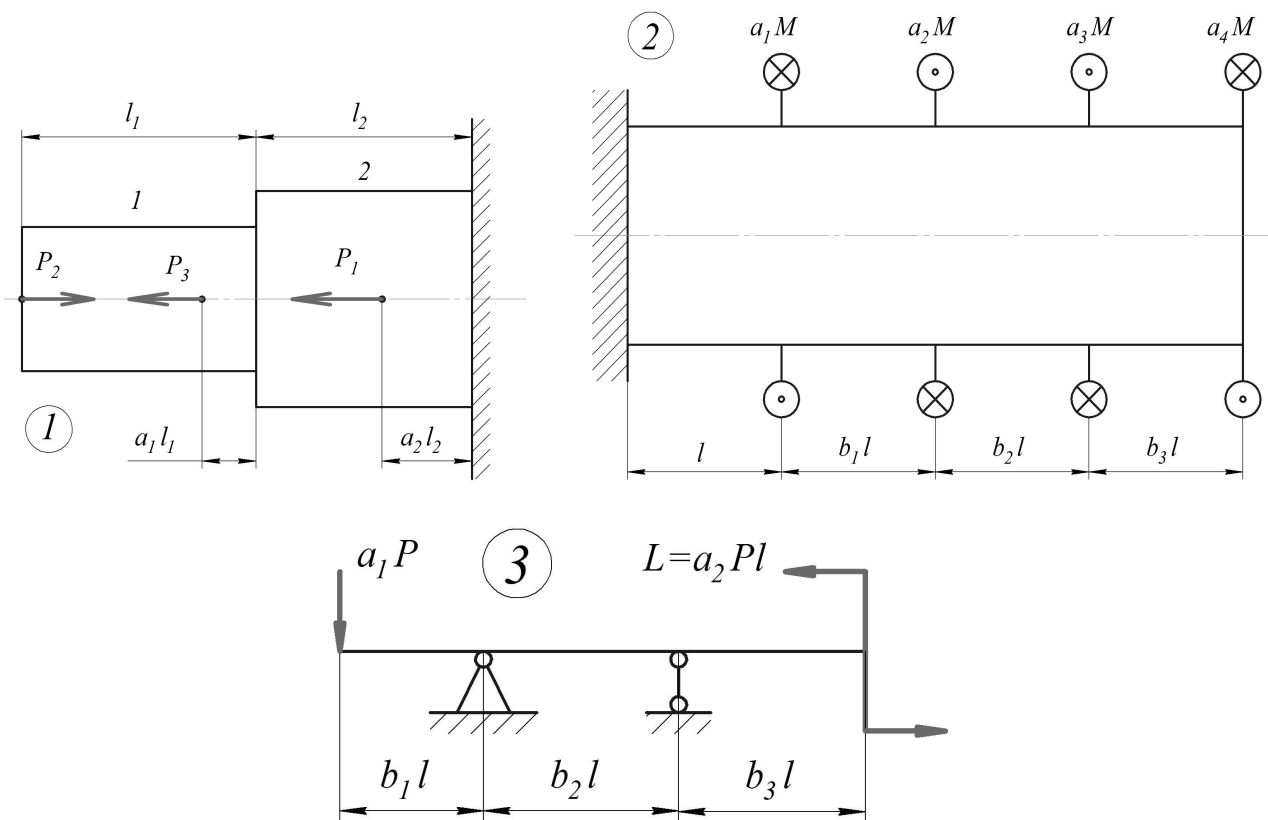
### Вариант №12



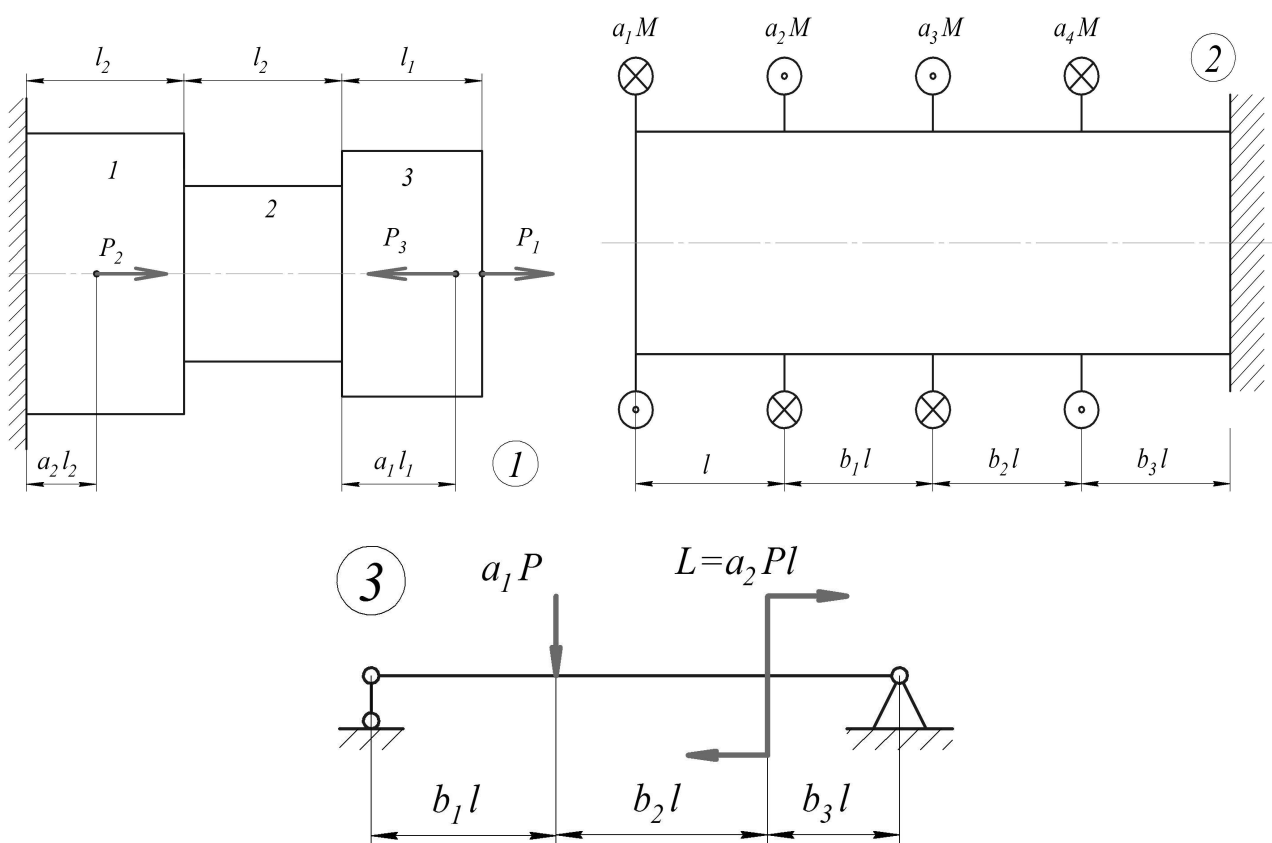
### Вариант №13



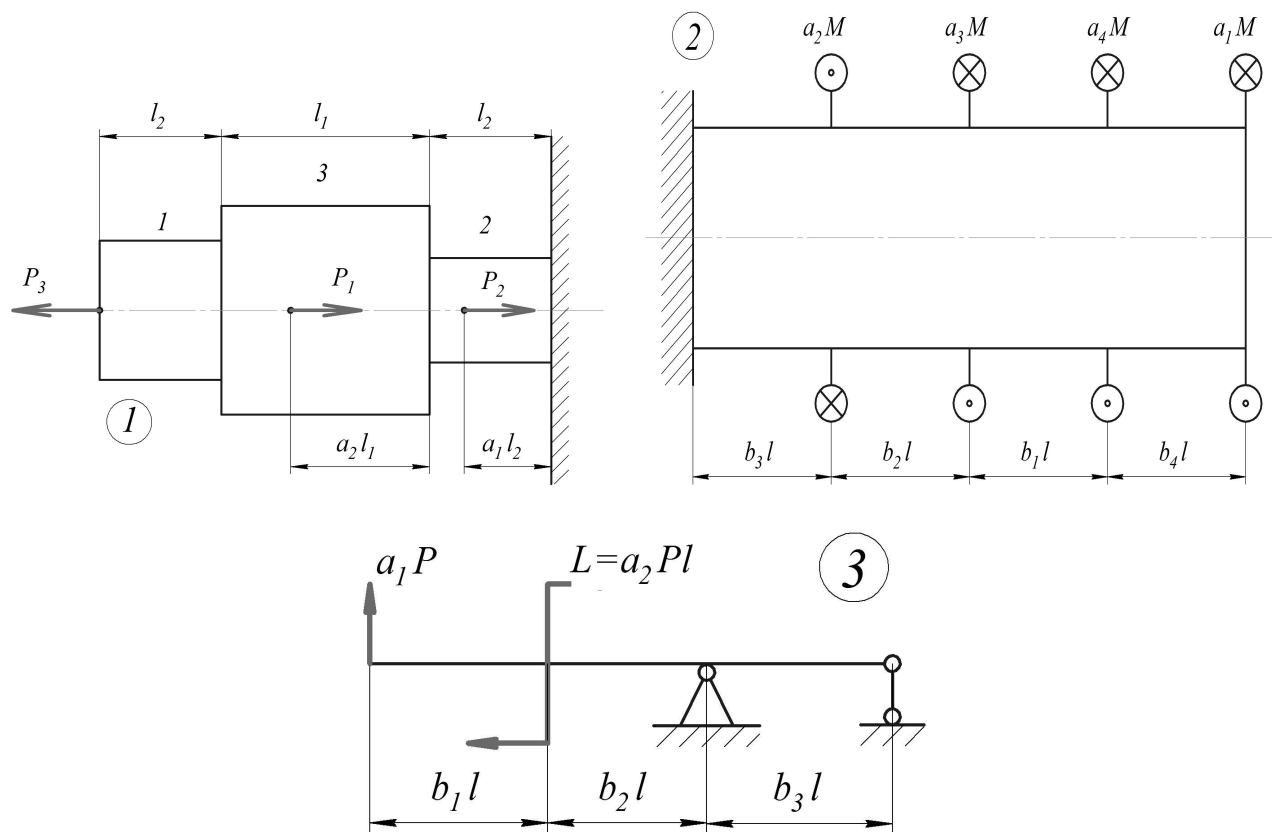
### Вариант №14



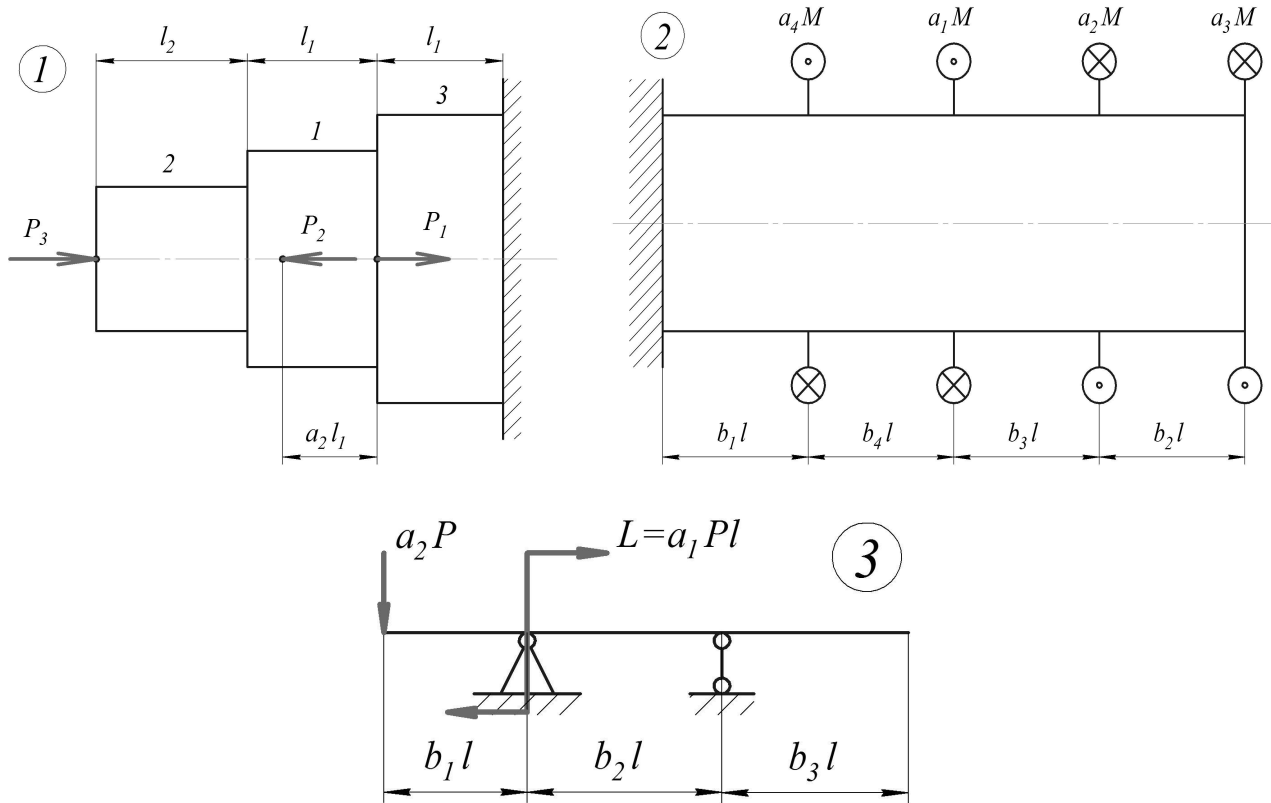
### Вариант №15



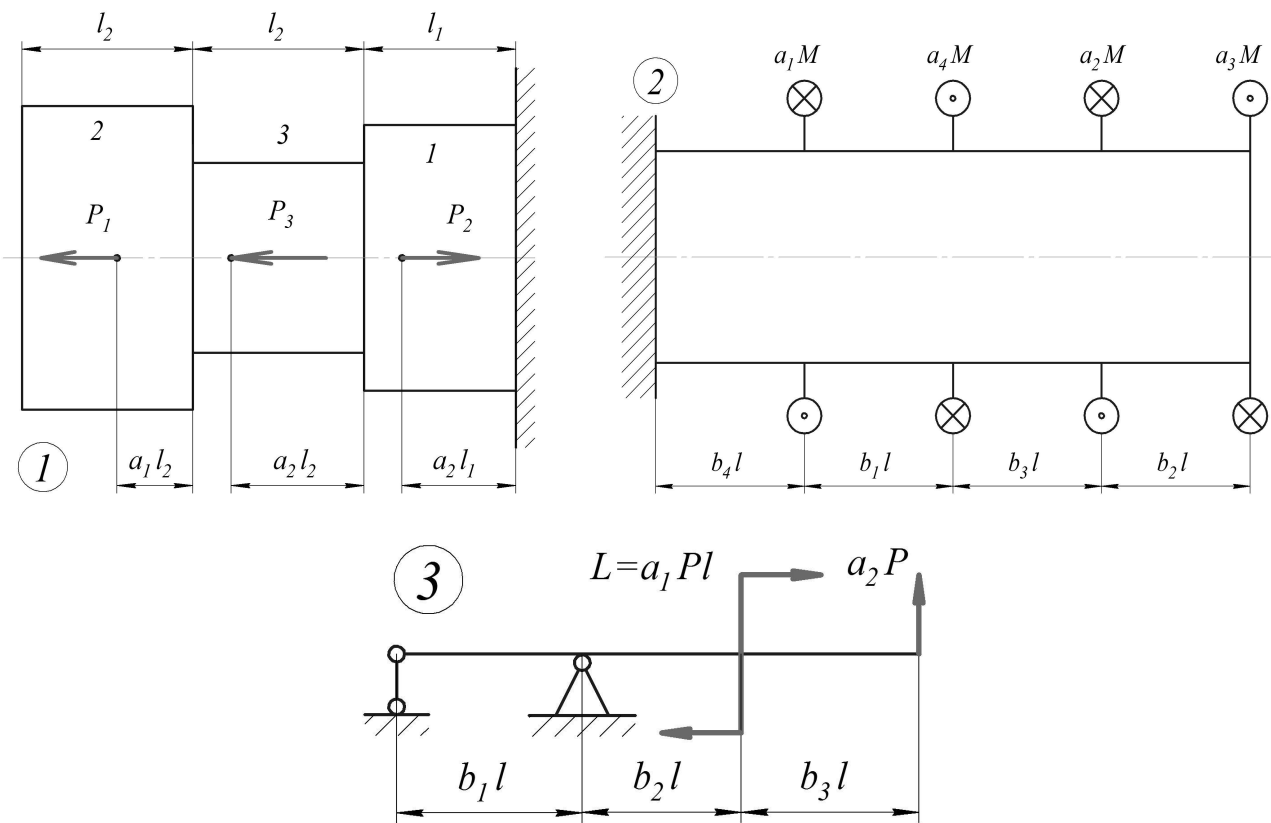
### Вариант №16



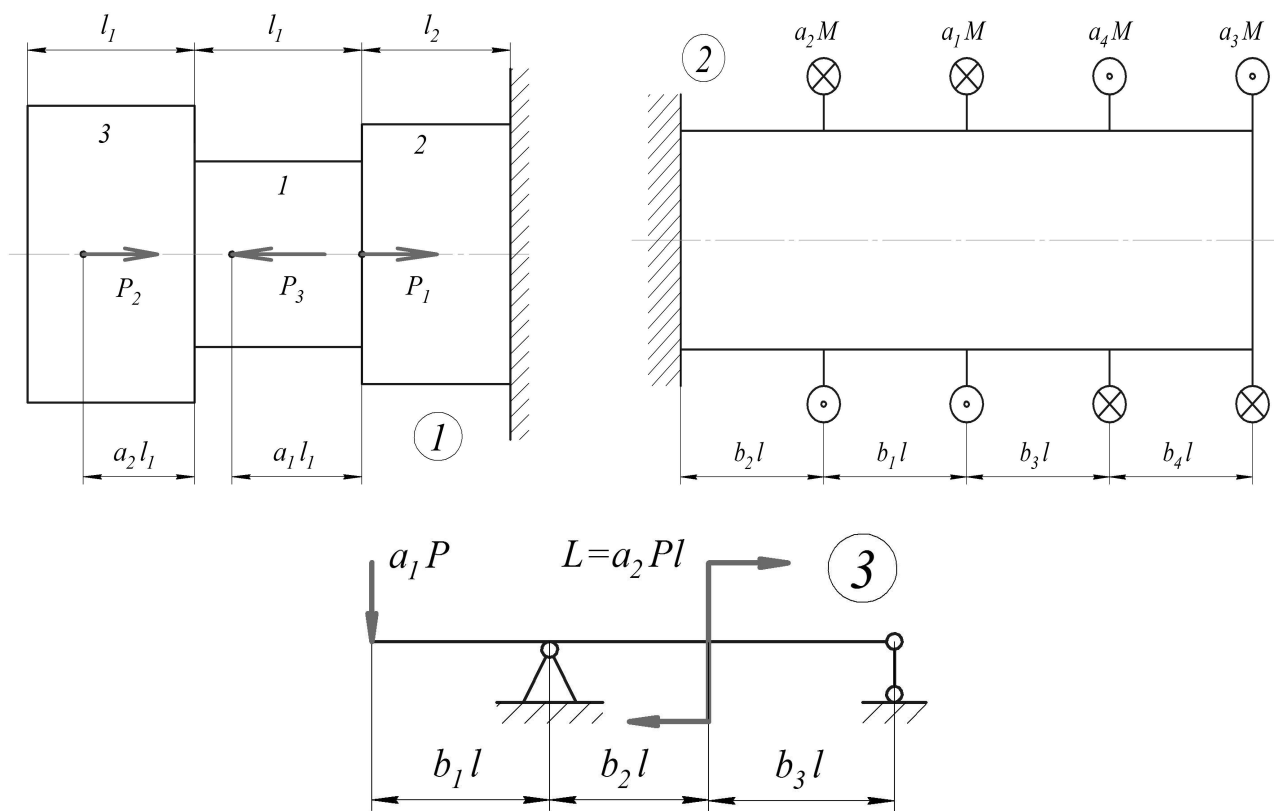
### Вариант №17



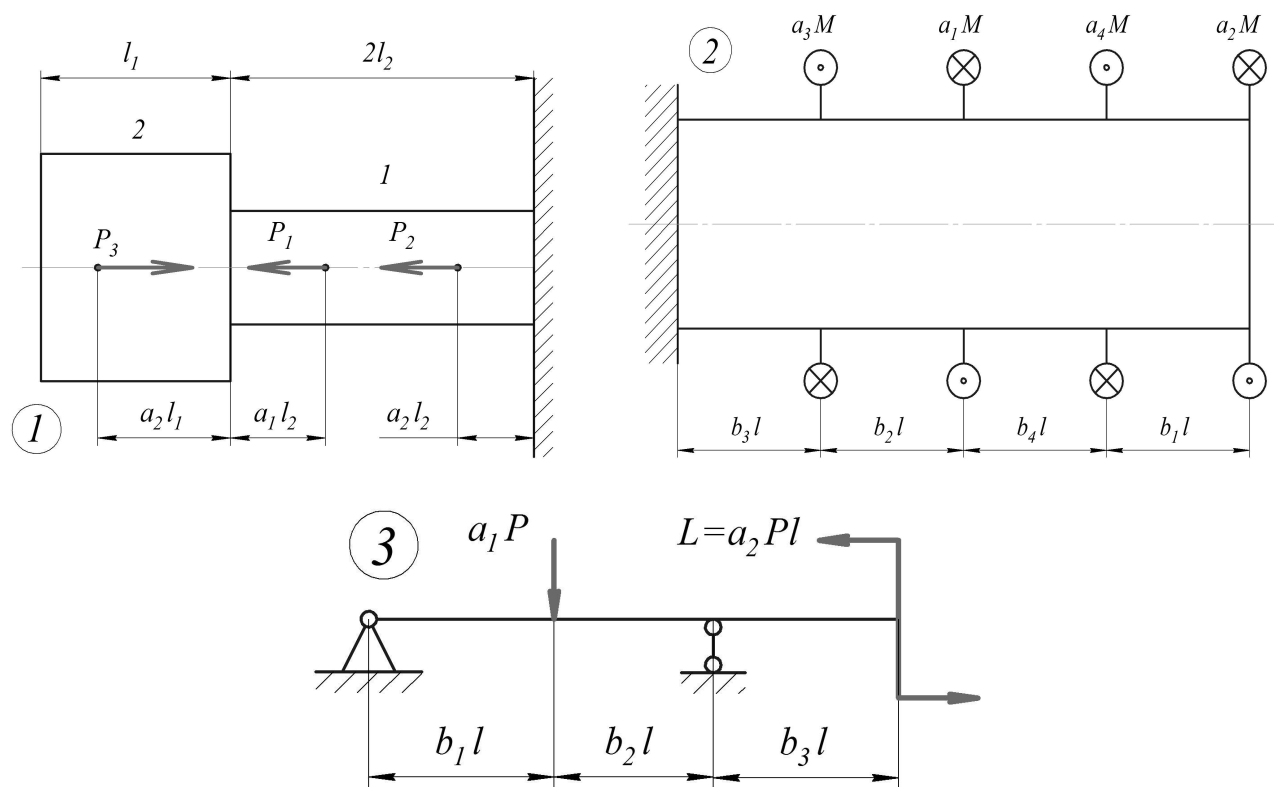
### Вариант №18



### Вариант №19

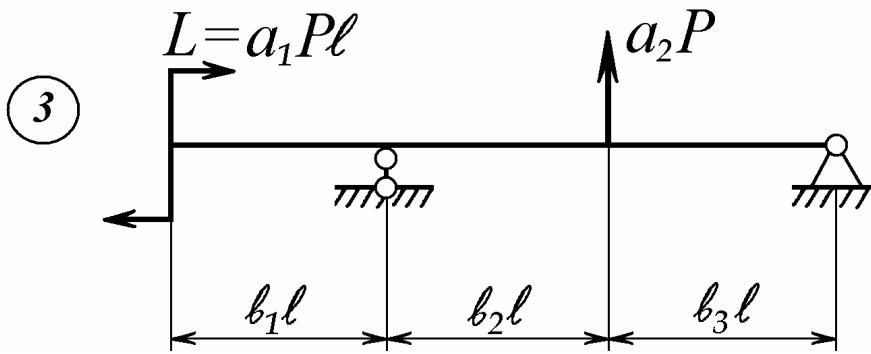
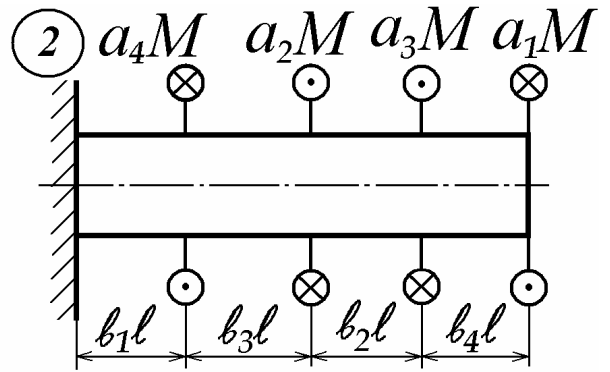
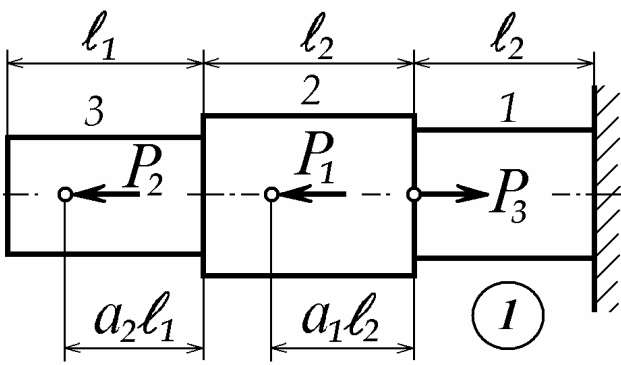


### Вариант №20

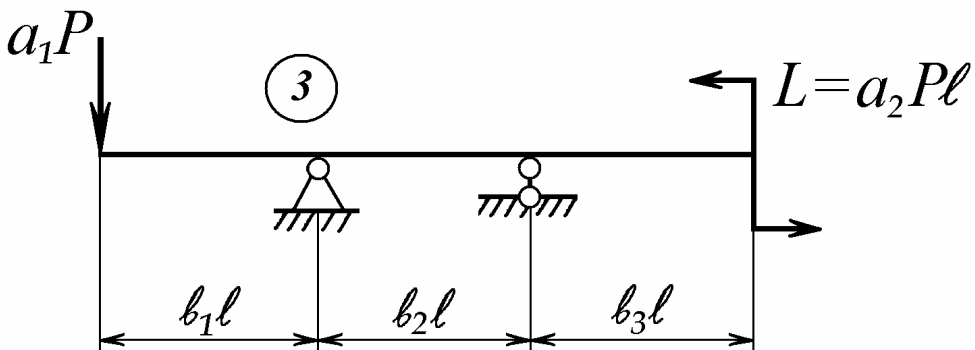
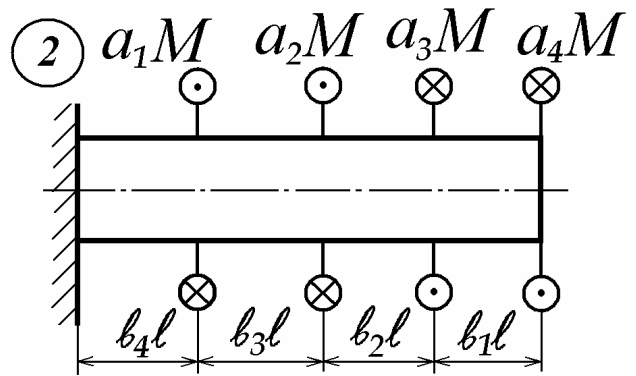
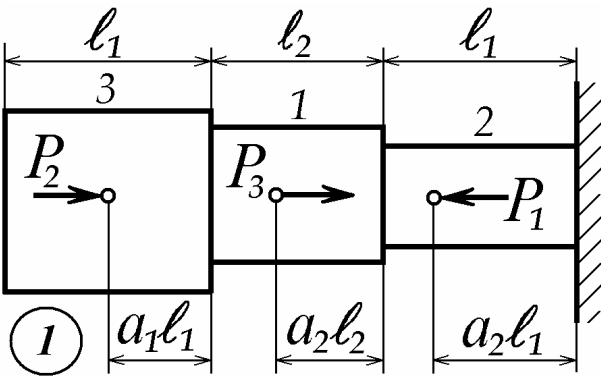




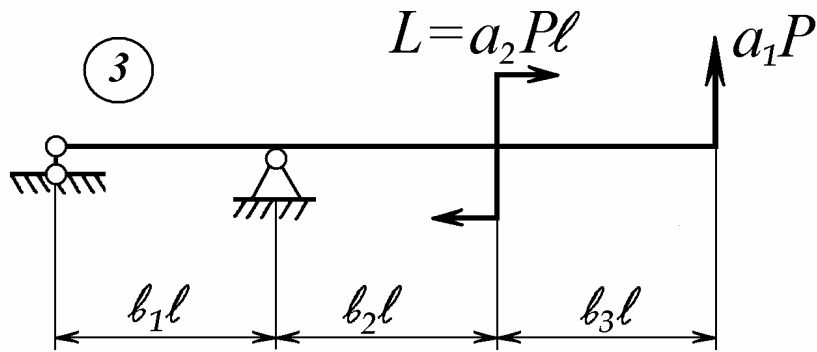
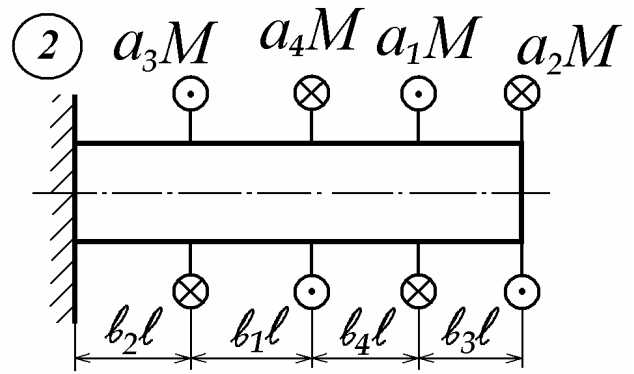
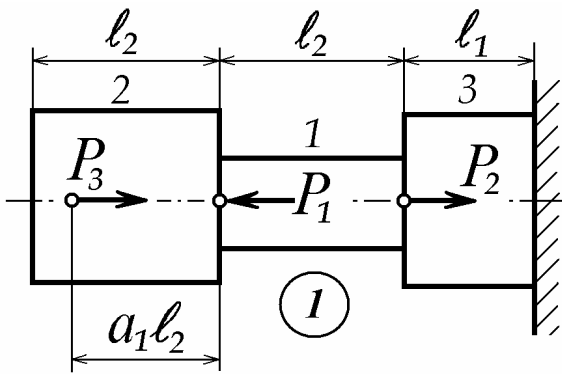
Вариант №21



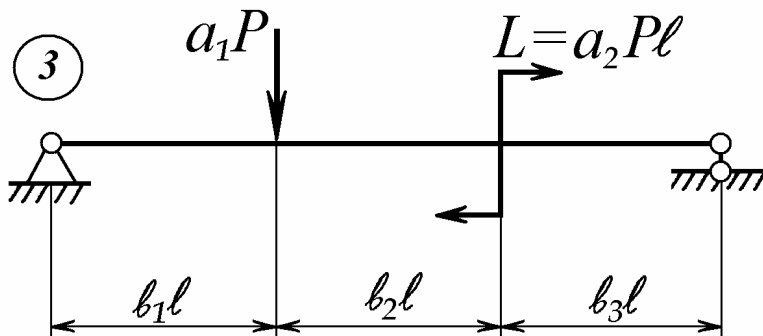
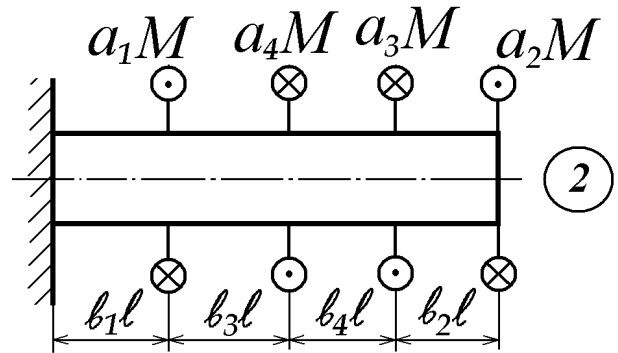
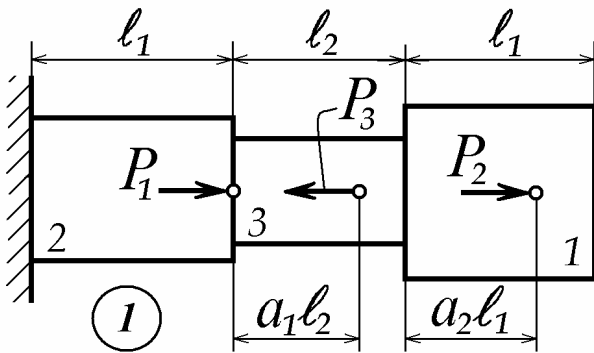
Вариант №22



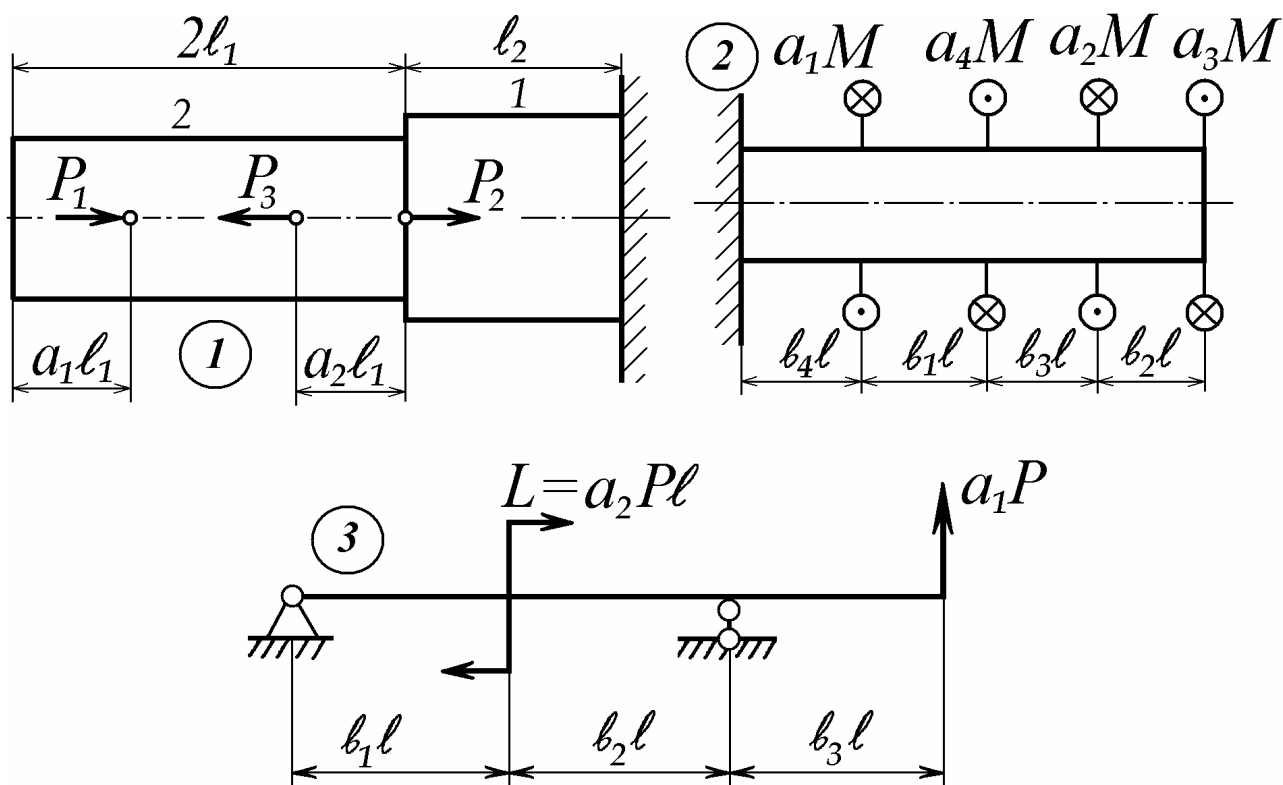
Вариант №23



Вариант №24



### Вариант №25

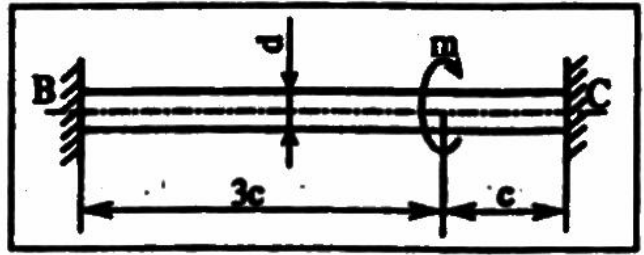


### 5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 592 с.
2. Минин Л.С., Хроматов В.Е. Тесты. Сопротивление материалов: Учебно-методическое пособие для студентов и преподавателей технических вузов. – М.: Центр тестирования Министерства образования РФ, 2002. – 84 с.
3. Костенко С.Г. Расчеты на прочность и жесткость при изгибе: Учебное пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 1999. – 53 с.
4. Тютрин С.Г. Построение эпюр внутренних силовых факторов: Учебное пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 1997. – 51 с.
5. Тютрин С.Г. Геометрические характеристики плоских сечений и расчеты на прочность: Учебное пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2000. – 70 с.

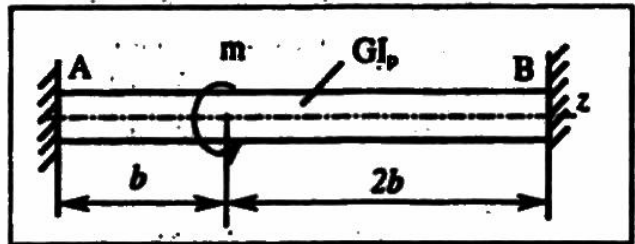
## 6. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

6.1. Стержень защемлен по концам в опорах В и С и нагружен скручивающим моментом  $m$ . Если заданы диаметр поперечного сечения  $d$  и допустимое напряжение  $[\tau]$ , то величина допустимого момента  $[m]$  равна:



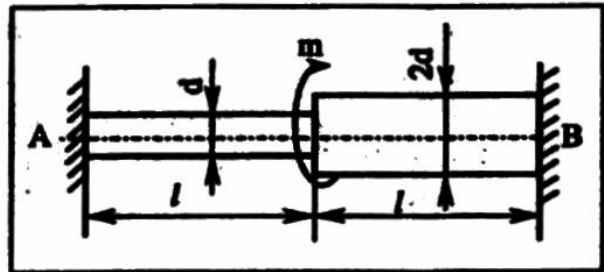
- 1)  $0,20d^3[\tau]$     2)  $0,26d^3[\tau]$     3)  $0,32d^3[\tau]$     4)  $0,40d^3[\tau]$

6.2. Если стержень скручивается моментом  $m$  и при этом левый конец стержня жестко закреплен в опоре А, а правый конец может повернуться в опоре В только на угол  $\varphi_B = 0,4 \frac{ma}{GI_P}$ , то крутящий момент  $M_z$  в пределах левого участка равен:



- 1)  $0,6m$     2)  $0,7m$     3)  $0,75m$     4)  $0,8m$

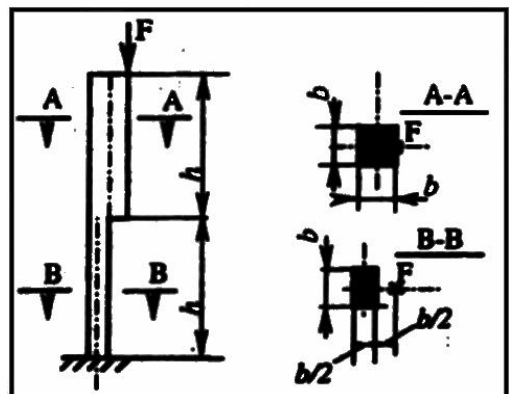
6.3. Если ступенчатый стержень АВ, жестко закрепленный в опорах А и В, скручивается моментом  $m$ , то соотношение между наибольшими касательными напряжениями, возникающими на левом и правом участках  $(\frac{\tau_{\max}^{\text{лев}}}{\tau_{\max}^{\text{прав}}})$ , равно:



- 1)  $0,5$     2)  $1,0$     3)  $1,5$     4)  $2,0$

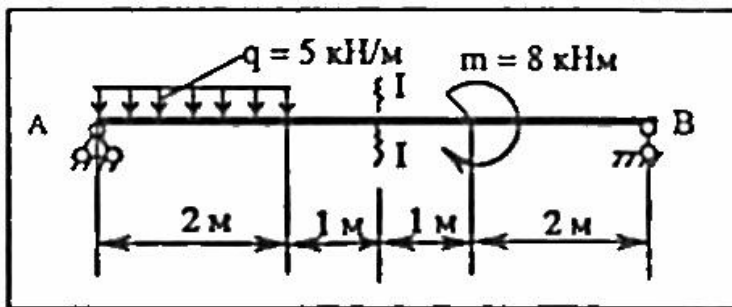
6.4. Сила  $F$  действует параллельно оси стержня. Во сколько раз максимальное напряжение на нижнем участке ( $\sigma_{\max}^H$ ) превышает аналогичное напряжение на верхнем участке ( $\sigma_{\max}^B$ )?

- 1)  $\frac{\sigma_{\max}^H}{\sigma_{\max}^B} = 3$     2)  $\frac{\sigma_{\max}^H}{\sigma_{\max}^B} = 4$   
 3)  $\frac{\sigma_{\max}^H}{\sigma_{\max}^B} = 5$     4)  $\frac{\sigma_{\max}^H}{\sigma_{\max}^B} = 6$



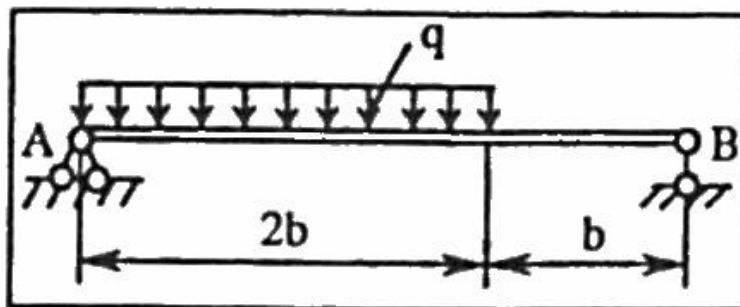
6.5. Если на балку действуют две нагрузки, то по модулю изгибающий момент  $M_z$  в среднем сечении, вычисленный в кНм, равен:

- 1) 1                    2) 9  
3) 10                   4) 21



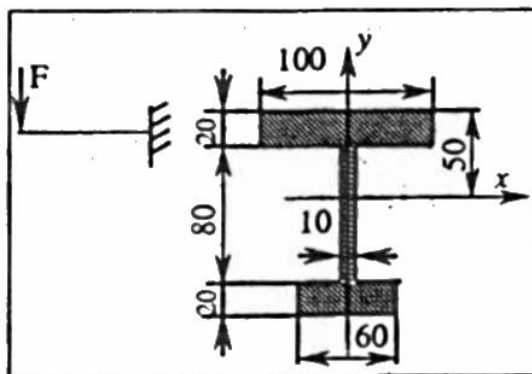
6.6. Если один из двух участков балки находится под действием равномерно распределенной нагрузки интенсивности  $q$ , то максимальная величина изгибающего момента ( $\max M_x$ ) по модулю достигает величины:

- 1)  $\frac{2}{3}qb^2$                     2)  $\frac{5}{6}qb^2$                     3)  $\frac{8}{9}qb^2$                     4)  $\frac{4}{3}qb^2$

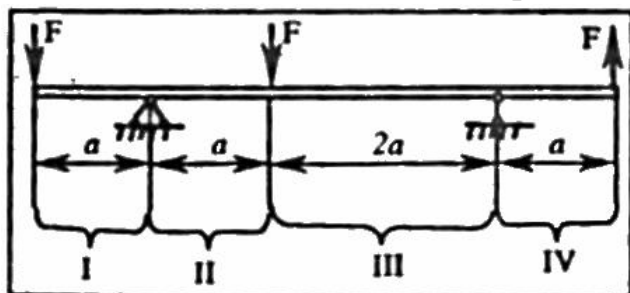


6.7. Если в опасном сечении консольной чугунной балки (временное сопротивление на растяжение и на сжатие равно соответственно  $\sigma_{вр} = 150$  МПа и  $\sigma_{сж} = 600$  МПа) изгибающий момент достигает величины  $\max M_x = 8$  кНм, то фактический коэффициент запаса прочности ( $n$ ) принимает значение:

- 1) 12,20                    2) 8,71                    3) 3,05                    4) 2,18



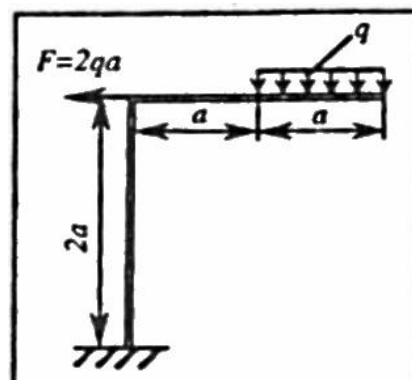
6.8. Наибольшей величины поперечная сила  $Q_y$  достигнет на участке:



- 1) I                                    2) II  
3) III                                4) IV

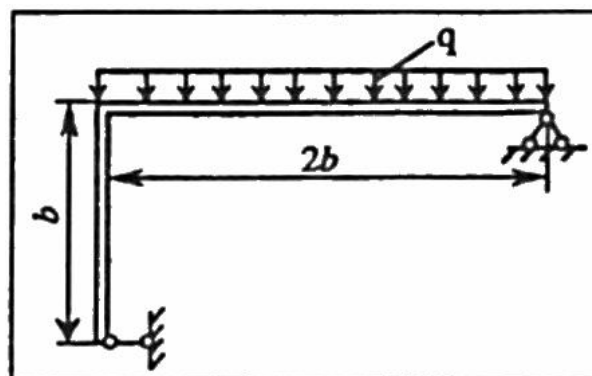
6.9. Наибольшая величина изгибающего момента ( $\max M_x$ ) для плоской рамы, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой интенсивности  $q$  и сосредоточенной силой  $F=2qa$ , равна:

- |               |               |
|---------------|---------------|
| 1) $1,5 qa^2$ | 2) $2,0 qa^2$ |
| 3) $2,5 qa^2$ | 4) $3,0 qa^2$ |



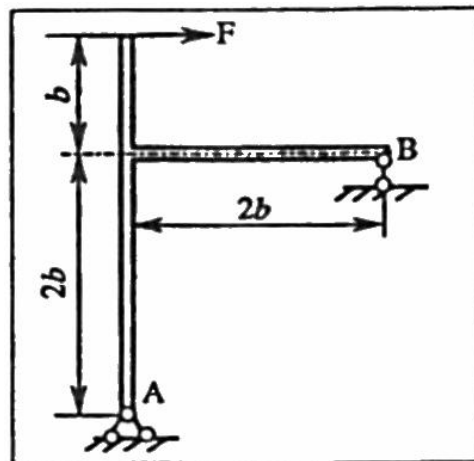
6.10. Если плоская рама находится под воздействием вертикальной равномерно распределенной нагрузки интенсивностью  $q$ , то наибольшая величина изгибающего момента ( $\max M_x$ ) по модулю равна:

- |               |               |
|---------------|---------------|
| 1) $1,5 qb^2$ | 2) $2,0 qb^2$ |
| 3) $2,5 qb^2$ | 4) $3,0 qb^2$ |



6.11. Если рама находится под воздействием горизонтальной силы  $F$ , то наибольшая величина изгибающего момента ( $\max M_x$ ) по модулю равна:

- |             |             |
|-------------|-------------|
| 1) $Fb$     | 2) $1,5 Fb$ |
| 3) $2,0 Fb$ | 4) $3,0 Fb$ |



Сергей Геннадьевич Тютрин  
Василий Яковлевич Герасимов  
Евгений Николаевич Ревняков

## **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**

Задания для расчетно-графической работы №2  
по теоретической механике и сопротивлению материалов  
для студентов специальности 280101

Редактор Н.Л. Борисова

---

Подписано к печати		Бумага тип. №1
Формат 60 <sup>x</sup> 84 1 /16	Усл. печ. л. 1,5	Уч. изд. л. 1,5
Заказ	Тираж 25	Цена свободная

---

РИЦ Курганского государственного университета.  
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.  
Курганский государственный университет.